

En el presente artículo se analiza la utilidad de diseñar materiales didácticos que permitan la investigación en el aula. Para desarrollar nuestros materiales didácticos partimos de las dificultades y obstáculos detectados en el alumnado en relación con el uso, gestión y contaminación del agua. La puesta en práctica de dichos materiales didácticos, englobada dentro de un proceso investigativo, ha servido para conocer la validez de los mismos a la de hora superar dichas dificultades y obstáculos del alumnado.

**PALABRAS CLAVE:** *Materiales didácticos; Investigación en el aula; Agua; Investigación; Complejidad.*

MONOGRAFÍA

# La elaboración de materiales didácticos: una herramienta para la investigación educativa

pp. 21-33

Jorge Fernández Arroyo<sup>1</sup>  
Emilio Solís Ramírez<sup>2</sup>

Universidad de Sevilla

21

## Introducción

Diversos autores han trabajado en estos últimos años sobre la naturaleza del Conocimiento Profesional del Profesorado. Podemos decir (Solís, 2012a) que existe cierto consenso sobre las características que posee este conocimiento, aunque aparezcan distintos matices y distintas denominaciones. Nos referimos a aspectos como los siguientes: la importancia de la componente práctica; el conocimiento de la materia a impartir; el conocimiento didáctico o pedagógico específico para ser profesor/a; las concepciones sobre la ciencia y sus implicacio-

nes sociales, tecnológicas, políticas, medioambientales, etc.; la importancia de la transformación de los contenidos de las disciplinas a contenidos para ser enseñados; la necesidad de incorporar procesos de reflexión y crítica y la importancia de las rutinas de aula.

Desde esta perspectiva, podemos decir que, de acuerdo con Porlán y Rivero (1998), el Conocimiento Profesional del Profesorado es un conocimiento que se desarrolla en la práctica, pero que debe tener diferentes fundamentos teóricos. Es decir, bebe de diversas fuentes o saberes. Según esto (Porlán y Rivero, 1998; Balleña, 2003 y Rivero, 2003), podemos considerar

<sup>1</sup> IES Carmen Laffón, San José de la Rinconada. Universidad de Sevilla. [jferarr10@us.es](mailto:jferarr10@us.es)

<sup>2</sup> IPEP de Sevilla. Universidad de Sevilla. [esolis@us.es](mailto:esolis@us.es)

✉ Artículo recibido el 11 de enero de 2013 y aceptado el 29 de abril de 2013.

que este Conocimiento Profesional será el “De-seable” cuando tenga como referentes: saberes metadisciplinarios (concepciones epistemológicas, ideologías,...); saberes disciplinares básicos (conocimiento de la materia, conocimiento psicopedagógico general y conocimiento didáctico específico asociado a la materia), saberes basados en la experiencia (rutinas de aula, principios y creencias personales y saberes curriculares sistematizados).

En relación con este último saber, el saber curricular, a nuestro entender existe un elemento vertebrador entre lo que podemos denominar la cosmovisión didáctica –las concepciones que el profesorado tiene acerca del proceso de enseñanza y del de aprendizaje– y las concepciones o ideas sobre la construcción del conocimiento –lo que podemos denominar la cosmovisión epistemológica– y es la idea de Modelo Didáctico (MD) (Solís y Porlán, 2003). Se trata de un elemento regulador y dialéctico entre lo que “se piensa”, es decir: los principios, concepciones y teorías que fundamentan el desarrollo curricular (teorías psicológicas, teorías curriculares, concepciones epistemológicas, concepciones sobre la función social que debe cumplir la enseñanza,...) y lo que podemos denominar la puesta en práctica del desarrollo del currículo (qué finalidades, qué contenidos, cómo se desarrollan, cómo se evalúan,...). Esta interacción, puede originar lo que Ballenilla (2003) ha denominado el Modelo Didáctico Personal (MDP) como una forma de entender la práctica.

Los elementos que conforman este MDP, a veces no son explícitos, o al menos no se expresan de forma consciente por parte del profesorado, suelen ser de diversos tipos y tener distinto origen. Por ejemplo, la influencia que la trayectoria académica ha tenido en la conformación profesional posterior, la concepción acerca de la Historia de la Ciencia, la influencia de los sistemas administrativos, las relaciones profesionales, los trabajos previos, la influencia del practicum, la llamada “formación ambiental”, es decir, la formación que se recibe por impregnación durante la vida académica, etc.

Una de las situaciones en las que este MDP, como forma de entender la práctica, se manifiesta es en el proceso de elaboración de materiales didácticos, ya que al hacerlo ponemos en juego saberes curriculares como los siguientes (Porlán y Rivero, 1998 y Rivero 2003):

- Conocer la existencia de concepciones en el alumnado, así como su utilización didáctica.

- Conocer cómo se formula, organiza y se cuantifica el conocimiento escolar. Saber plantear situaciones problemáticas en clase.

- Saber diseñar un programa de actividades válido para la investigación de problemas interesantes y con potencialidad para el aprendizaje, dirigiendo a su vez el proceso de investigación del alumno, para favorecer el contraste y el cuestionamiento de sus concepciones.

Para ilustrar estas circunstancias presentamos un trabajo que ha girado en torno a la elaboración de materiales didácticos para trabajar la temática del agua y que ha sido llevada a cabo en el ámbito de la educación secundaria. En este trabajo, se han elaborado materiales didácticos que han buscado ser eficaces a la hora de construir el conocimiento de los alumnos alrededor de dicha temática. El análisis de los datos obtenidos tras la puesta en práctica de estos materiales didácticos nos ha aportado valiosa información para conocer la validez de los mismos. Concretamente se ha determinado la evolución que han seguido las ideas y concepciones de los estudiantes, tomando como uno de los ejes principales, el cambio de una visión más simple de la temática estudiada hacia una visión más compleja.

## El proceso de elaboración de los materiales didácticos en relación al uso, gestión y contaminación del agua

A nuestro entender, para la elaboración de materiales didácticos, se debe tomar como punto de partida una reflexión que permita planificar lo que vamos a enseñar mediante dichos materiales didácticos. En este proceso de reflexión y elaboración, hemos seguido una serie de etapas.

## **Selección de la temática a abordar en el aula**

El agua como recurso frágil, escaso e imprescindible para la vida, se ha utilizado tradicionalmente como tema de trabajo en el aula a partir de la cual propiciar que los estudiantes, como futuros ciudadanos y ciudadanas, cuiden, conserven y disfruten de una manera más racional este recurso natural (Fernández Arroyo, 2012; Marcen, 2010; Cano, 2008).

En general, en este caso concreto del agua, el intento de conseguir un cambio desde una *vieja cultura del agua* hacia una *nueva cultura del agua* no ha logrado grandes éxitos. Quizás la metodología empleada tradicionalmente no ha sido la adecuada. Dentro de esta metodología se pueden mencionar carencias como el uso de la información como única herramienta de cambio, el escaso tiempo empleado a la hora de abordar la problemática hídrica, el carácter rigidamente vertical de las fases seguidas en la intervención educativa y la falta de un esquema gradual y progresivo con el que se abordan los contenidos trabajados (Fernández Arroyo, 2010; Cano, 2009; García, 2004a).

Para intentar superar las carencias antes mencionadas, hemos realizado y llevado al aula, una propuesta que se ha desarrollado en la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, de 1º de Bachillerato, en un Instituto de Educación Secundaria de Sevilla (Fernández Arroyo y Solís, 2011). Creemos que el contenido elegido, “uso, gestión y contaminación del agua”, se encuentra dentro de lo que normativa en vigor indica para este curso y asignatura. Para ello hemos tenido en cuenta: la estructura del Bachillerato y sus enseñanzas mínimas, según se refleja en el Real Decreto 1467/2007 del 2 de noviembre, el Decreto 416/2008, de 22 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes al Bachillerato en Andalucía y la Orden del 5 de Agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía.

## **Selección y organización de contenidos**

A la hora de seleccionar y organizar los contenidos son diversos los referentes que hemos tenido en consideración:

– Ajuste a las características del alumnado: tras la revisión de algunos de los estudios elaborados hasta la fecha sobre las ideas y concepciones relacionadas con el uso, gestión y contaminación del agua, hemos obtenido una información muy valiosa sobre la presencia de obstáculos en el alumnado cuando se intenta hacer evolucionar dichas ideas y concepciones desde una visión más simple hacia una visión más compleja. Entre estos estudios destacamos los realizados por Marcén (2010) y Cano (2008), que abordan ideas y concepciones prototípicas del alumnado que podemos categorizar dentro de los siguientes ítems: a) Ciclo urbano del agua, b) Ciclo natural del agua, c) Ciclo urbano del agua y su relación con la contaminación de la misma, d) Ciclo urbano del agua y su relación con los tipos de usos del agua, e) Tipos de usos del agua y f) Contaminación de agua. Este ajuste no se ha reducido a una visión “estática”, es decir, al hecho de tener en cuenta las dificultades antes mencionadas, durante el diseño de los materiales didácticos, sino que ha sido un ajuste flexible, o sea, de manera continuada a lo largo de toda la aplicación de dichos materiales.

– Selección e integración de conocimientos: los contenidos abordados han ido más allá de los conocimientos científicos través de los cuáles buscamos alcanzar los objetivos de etapa y materia determinados en el Real Decreto 1467/2007. Hemos buscado integrarlos con los conocimientos cotidianos, en un intento por lograr que el alumnado alcance un conocimiento escolar relevante, contribuyendo de la mejor manera posible al desarrollo de las competencias básicas de nuestro alumnado. Pese a que en la legislación nacional y andaluza referida al Bachillerato no se tratan las competencias básicas como en la E.S.O. (ni tan siquiera, están contempladas en el diseño curricular), otras Comunidades Autónomas (como Cataluña, País Vasco o Canarias) si lo han hecho, dándole continuidad a la adaptación a las competencias

básicas de la Educación Obligatoria. A falta de definición del término competencia en Bachillerato y de su reconocimiento explícito en el currículo, entendemos que dentro de la autonomía pedagógica de los centros, es posible y necesario continuar el trabajo de las competencias, seguir desarrollándolas, haciendo alusión a las de la etapa anterior.

Una cuestión que consideramos importante es que, ese conocimiento escolar relevante que antes mencionábamos, se debe erigir como el objetivo principal del docente a la hora de elaborar materiales didácticos. Dicho de otro modo, todo proceso de diseño de materiales didácticos debería formularse la siguiente pregunta: ¿para qué estoy tratando de enseñar este contenido con los materiales que pretendo elaborar?

– Selección e integración de conceptos, procedimientos y actitudes: Los contenidos

que se han seleccionado, considerados en su sentido más amplio (conceptos, procedimientos y actitudes), se ha intentado imbricar unos con otros, de forma que nos ayuden a responder a la pregunta que antes planteábamos, es decir, para qué enseñar dichos contenidos. Pensamos que la escuela debe potenciar la reflexión y el debate alrededor de los problemas sociales que existen en nuestro planeta, para llegar finalmente a posibles soluciones y compromisos de actuación. En el caso de la temática de aula abordada en este caso, pensamos que ese proceso de reflexión, debate y toma de conciencia, tienen un significado bastante relevante.

A continuación presentamos los contenidos propuestos mediante una trama conceptual (Figura 1) y los contenidos relacionados con los procedimientos y las actitudes (Cuadro 1).

24

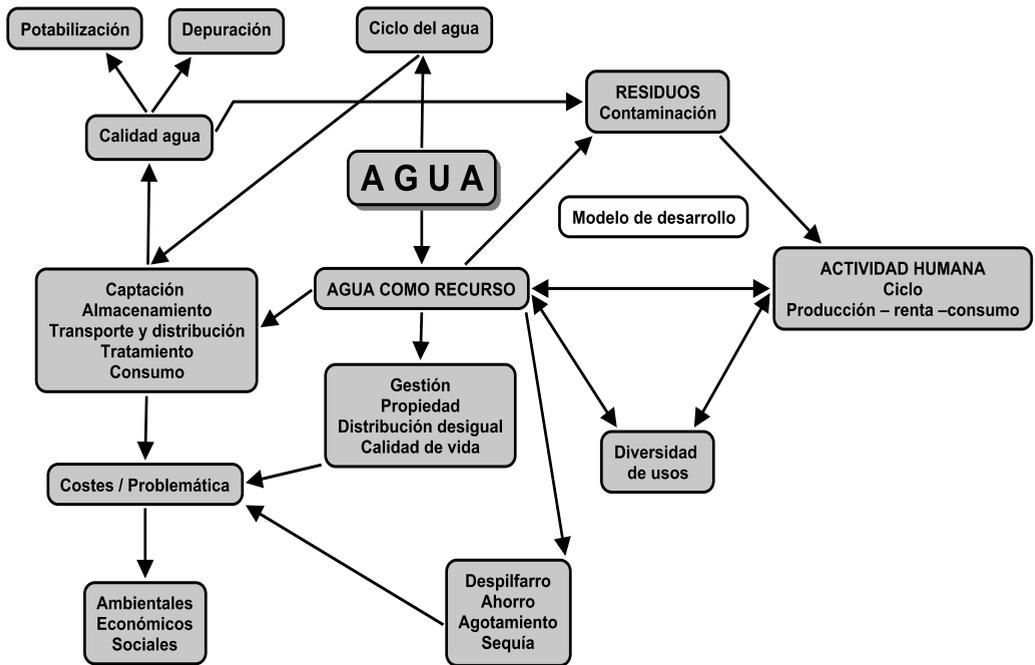


Figura 1. Mapa conceptual propuesto para investigar el uso, gestión y contaminación del agua<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Tomado de FERNÁNDEZ ARROYO, J. (2012). La construcción del conocimiento sobre la gestión y la contaminación del agua. Concepciones del alumnado de Primero de Bachillerato. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

Contenidos procedimentales	Contenidos actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de las técnicas de medición y expresión de datos científicos mediante gráficas y cuadros.</li> <li>Realización de interpretaciones de gráficas y cuadros de datos, y extrapolación de datos a partir de ellas.</li> <li>Lectura de artículos periodísticos o de revistas relacionados con el impacto ambiental y la gestión sostenible del agua.</li> <li>Búsqueda de información (libros y revistas de divulgación, artículos periodísticos, visitas a museos y exposiciones) acerca de la sobreexplotación del agua como recurso, la contaminación, la desertización y la gestión sostenible del agua.</li> <li>Resumen verbal y escrito de la información obtenida sobre el impacto ambiental y la gestión sostenible del agua.</li> <li>Participación en debates sobre aspectos relacionados con el impacto ambiental y la gestión sostenible del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concienciación del problema que supone la gestión sostenible de los recursos, tanto desde un punto de vista social como individual.</li> <li>Valoración de las evidencias que confirman el cambio climático, basándose en datos reales y contrastables aportados por los científicos.</li> <li>Realización de aportaciones individuales a la gestión sostenible del agua: reutilización del agua, disminución del consumo de agua, utilización responsable de la misma, potenciación de usos no contaminantes del agua, métodos de depuración, etc.</li> <li>Interpretación de los datos que aportan los científicos de manera crítica y abierta.</li> <li>Reflexión de las conclusiones propias acerca de los aspectos sociales relacionados con la gestión sostenible del agua.</li> </ul>

Cuadro 1. Contenidos a abordar en relación al uso, gestión y contaminación del agua.

### Selección y secuenciación de actividades

A la hora de diseñar la secuencia de actividades hemos tenido en cuenta los contenidos seleccionados (ver Figura 1 y Cuadro 1) así como

el modelo metodológico utilizado, basado en la investigación escolar. El Modelo de Investigación Escolar, desarrollado por la red IRES<sup>4</sup> y el Grupo de Investigación DIE<sup>5</sup>, cuyos presupuestos los podemos sintetizar en el Cuadro 2.

23

Modelo Investigación en la Escuela	Objetivos/ Finalidades	Contenidos	Ideas del alumnado	Metodología	Evaluación
	Complejización y enriquecimiento progresivo de los modelos explicativos de la realidad de los estudiantes. Tendencia a fomentar una participación responsable en la realidad.	Conocimiento escolar que integra saberes (disciplinares, cotidianos, ambientales,...). La construcción del conocimiento escolar se realiza de forma progresiva y evolutiva.	Se consideran los esquemas alternativos del alumnado, tanto en lo referente al conocimiento que se pretende enseñar como en relación con la construcción de ese conocimiento.	Metodología basada en la “investigación” del alumnado. Se trabaja en trono a “problemas” La secuencia de las actividades viene determinada por el propio problema. El estudiante construye y reelabora su conocimiento. El profesorado como coordinador y/o facilitador de los procesos de investigación que se dan en el aula (tanto del alumnado como del propio proceso).	Se analiza la evolución del alumnado, del profesorado y del trabajo conjunto. Sirve como elemento regulador de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Reformulación del trabajo del aula. Diversidad de herramientas de seguimiento.

Cuadro 2. Concepciones curriculares del Modelo de Investigación Escolar (Solís 2012a, reelaborado a partir de Porlán y Martín (1991), Porlán y otros (1996), Porlán y Rivero (1998) y García P., F. (2000).

<sup>4</sup> Investigación y Renovación Escolar ([www.redires.net](http://www.redires.net)).

<sup>5</sup> Didáctica e Investigación Escolar.

La secuencia de actividades propuesta comienza con la detección de las ideas del alumnado, que fueron cotejadas con las investigadas por otros autores en la revisión bibliográfica mencionada anteriormente. Las actividades más representativas se presentan en el Cuadro 3.

Descripción de las actividades más representativas	
A.2	<p><b>Ciclo del agua.</b> <i>¿De dónde viene el agua que sale del grifo? ¿A dónde va? Completa las viñetas del siguiente cómic.</i></p> <p>Cómic sobre el Ciclo del agua en el que solo existe una viñeta dibujada.</p> <p><b>Tarea a realizar:</b> El resto de viñetas (y por lo tanto el orden) es completado por el alumnado (Figura 2).</p>
A.3	<p><b>Captación de agua.</b> Con el objetivo de investigar la captación del agua, utilizamos dos ejemplos reales, los espacios naturales de Doñana y Las Tablas de Daimiel. Se entrega dos textos en los que se desarrolla la problemática de la captación del agua en ambos espacios naturales.</p> <p><b>Tareas a realizar:</b> 1) ¿Qué información te falta conocer para identificar el origen del problema en Doñana? ¿Y en Tablas de Daimiel?</p> <p>2) ¿Crees que en el texto se encuentran reflejados todos los actores implicados en el descenso del nivel freático? Si falta alguno, indica cuáles faltan en Doñana y cuáles en las Tablas de Daimiel.</p> <p>3) ¿Qué diferencias existen entre las causas del problema en el caso de Doñana y en las Tablas de Daimiel? Explica la causa por la que se ha llegado a la situación descrita en el entorno natural de Doñana. Haz lo mismo con Tablas de Daimiel.</p> <p>4) ¿Por qué es tan importante el agua para estos dos espacios protegidos?</p>
A.5	<p><b>Potabilización del agua.</b> Utilizando probetas con diferentes mezclas de agua con otras sustancias (en la probeta 1 hay agua + tierra; en la 2 agua + aceite; en la 3 agua + tinta; en la 4 agua + detergente; y en la 5 agua + plásticos), hemos profundizado en los conceptos de depuración y potabilización del agua.</p> <p><b>Tareas a realizar:</b> 1) ¿Piensas que el agua de alguna probeta estaría en buen estado para el consumo humano? ¿Por qué?</p> <p>2) ¿Es necesario aplicar algún proceso para poder beber el agua de estas probetas? Si es así, indica qué proceso es, a qué probeta se le debe aplicar y qué conseguimos con él.</p> <p>3) ¿Hay alguna probeta cuya agua sea imposible de consumir pese someterla a algún proceso? ¿Conoces agua que presente estas circunstancias?</p> <p>4) En resumen, ¿qué tenemos que quitar al agua para que la podamos beber?</p>
A.6	<p><b>Consumo y costes sector industria.</b> Usando dibujos hemos buscado que los/as alumnos/as detecten la presencia de agua en diferentes elementos, con la idea de incidir en la presencia de agua de carácter no evidente, para relacionarla con el consumo de agua indirecto (Figura 3). Asimismo se trabaja con fotografías de que muestran diferentes aspectos de la producción industrial.</p> <p><b>Tareas a realizar.</b> A partir de un listado de actividades industriales y se les pide que indiquen en cuáles se consume agua y en qué procesos lo hacen.</p>
A.7	<p><b>Consumo y costes sector servicios.</b> Lectura de un texto y visionado de un vídeo sobre los campos de golf con idea de abordar la problemática del modelo actual de turismo y el consumo de agua. Había que realizar un informe sobre los costes económicos, sociales y ambientales de los campos de golf.</p> <p><b>Tareas a realizar:</b> Se les pide que realicen un informe en el que relacionen, zonas turísticas, aumento de la población en los meses estivales, actividades en donde se produce mayor consumo de agua. Elaboración de un decálogo de buenas prácticas sobre el consumo de agua para un turismo sostenible.</p>

<p>A.9</p>	<p><b>Consumo y costes sector población.</b> Estudio de los consumos de cada uno de los/as alumnos/as como representantes del sector población. De nuevo abordamos los consumos, pero en este caso nos centramos en otro sector: la población.  <b>Tareas a realizar:</b> 1) ¿En qué época del año consideras que consumes más? ¿Por qué? y ¿en qué época del año consideras que consumes menos? ¿Por qué?                  2) Desde que te levantas hasta que te acuestas, ¿en qué actos consideras que has realizado un consumo de agua? Anota la cantidad de agua aproximada que consideras que has consumido en dichos actos.                  3) Busca en Internet los consumos estimados para los actos que has tenido en cuenta.                  4) Entre todos, vamos a mencionar aquellos consumos “fantasmas” que no has tenido en cuenta. Lo calcularemos y sumando los que si has estimado, lograremos calcular la mochila ecológica que ha supuesto tu día de hoy.</p>
<p>A.13</p>	<p><b>Visita a una EDAR</b> (Estación depuradora de aguas residuales).</p>
<p>A.16</p>	<p><b>Caza del tesoro: contaminación del agua.</b> Hemos realizado una Caza del tesoro con tres grandes preguntas. Es una manera de trabajar de otro modo la actividad 5.  <b>Preguntas a resolver:</b>                  1) ¿Un agua depurada es potable? ¿Por qué?                  2) ¿De qué dependerá cuando se arroja basura a un río, el que este se contamine más o menos?                  3) ¿Lavarte el pelo contamina? ¿Por qué?</p>
<p>A.18</p>	<p><b>Vida de una gota de agua.</b> Hemos pedido al alumnado que desarrolle paso a paso los lugares y procesos por los que pasa una gota a lo largo de su vida. El objetivo fue el mismo que en la actividad 2, es decir, conocer la idea de Ciclo del agua que tenía el alumnado. Sin embargo con esta actividad se produce un cambio de contexto, ya que en este caso no existen viñetas a las que ceñirse, sino un formato de redacción libre.</p>
<p>A.21</p>	<p><b>Ciclo del agua.</b> Se trabaja el mismo objetivo que en las actividades 2 y 18, conformando una actividad de cierre. Hemos usado de nuevo el cómic sobre el Ciclo del agua (Figura 2).</p>

Cuadro 3. Secuencia de las actividades más representativas

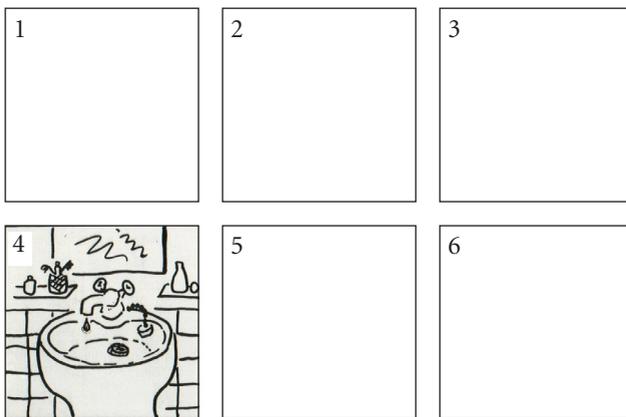


Figura 2. Actividad 2 y 21.

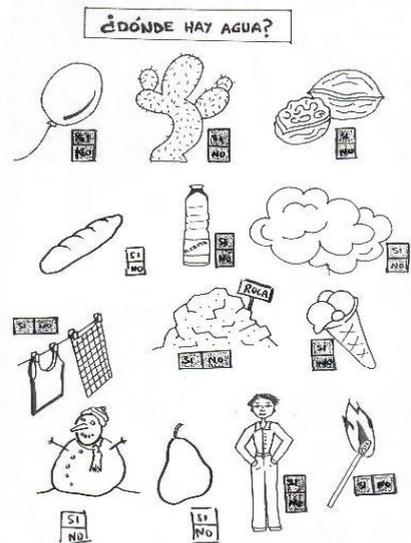


Figura 3. Actividad 6.

## Diseño del estudio

### La muestra

Los materiales antes descritos se utilizaron, como ya indicábamos con anterioridad, en un grupo de 1º Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología en un Instituto de Educación Secundaria de Sevilla capital, durante el curso 2010/11. Uno de los autores de este trabajo era profesor de dicho grupo. Estaba constituido por 27 estudiantes, de los cuales 15 son chicas (55,55%) y 12 chicos (44,45%). Las edades estaban comprendidas entre los 15 y los 16 años. Dos alumnos eran repetidores. Uno de los alumnos cambió de modalidad a mediados de curso, por lo que se optó por no incluirlo en el estudio, quedando la muestra en 26 alumnos.

### Análisis realizado

En este trabajo haremos únicamente referencia al análisis de la aplicación de las actividades contenidas en los materiales didácticos. Una visión más completa de los resultados de

la investigación realizada con esta muestra, han sido publicados en otro trabajo (Fernández Arroyo y Solís, 2011). El sistema de categorías general que se ha utilizado se puede ver en el Cuadro 4, aunque cada una de estas categorías se ha ido adaptando para el análisis de cada una de las actividades. El *sistema de categorías general* ha estado compuesto por cuatro categorías. Dentro de cada una de ellas se desarrollan una *hipótesis de transición*. Éstas nos han permitido, por un lado, dar coherencia al proceso de construcción de conocimientos seguido por el alumnado. Por otro lado, nos ha permitido detectar con mayor facilidad los obstáculos que el alumnado ha tenido en dicho proceso. Para establecer la naturaleza de la progresión hemos optado por utilizar como criterio el conjunto de dimensiones (y la transición correspondiente) propuesta por García (1994, 1995, 1997 y 1998) y García y Rivero (1996), como transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo. En todo caso las categorías de análisis comienzan por las ideas más simples que puedan considerar el alumnado, hasta llegar a un cierto grado de complejidad.

	NIVEL 1 (más simple)	NIVEL 2 (intermedio)	NIVEL 3 (más complejo)
<b>CATEGORÍA 1.</b> Grado de centramiento en lo evidente.	Se consideran únicamente los aspectos más fáciles de reconocer y manejar (nivel mesocosmos).	Se tienen en cuenta otros aspectos menos evidentes (nivel macro y micro).	Se consideran simultáneamente las tres dimensiones (nivel macrocosmos, microcosmos y mesocosmos).
<b>CATEGORÍA 2.</b> Grado de poliperspectivismo	Se tiene una visión sencilla, uniperspectivista.	Se admiten ciertas relativizaciones.	Se tienen en cuenta más de una perspectiva respecto al problema investigado.
<b>CATEGORÍA 3.</b> Número de elementos considerados.	Se tienen en cuenta muy pocos elementos.	Se considera un número considerable de elementos.	Se tienen en cuenta una gran riqueza de elementos.
<b>CATEGORÍA 4.</b> Relaciones consideradas.	No se establecen relaciones entre los elementos considerados.	Se establecen relaciones binarias de causa-efecto o/y relaciones de cadenas causales.	Se establecen las relaciones ternarias y redes simples o interacciones (redes complejas).

Cuadro 4. Sistema de categorías general.

En cualquier caso, hemos de resaltar que dentro de todo proceso de construcción del conocimiento, el proceso lineal y mecánico no existe en sentido estricto. En realidad, la construcción del conocimiento se nutre de avances y retrocesos, de procesos de cambio lentos y otros rápidos. Por lo tanto, las transiciones propuestas nos ayudan a dar sentido a la construcción del conocimiento de los estudiantes, pero sin perder de vista la posible bidireccional de avance y retroceso.

## **Resultados de la investigación sobre la aplicación de los materiales en el aula**

### ***Qué papel ha jugado los materiales didácticos elaborados en el aprendizaje***

Los datos obtenidos nos ha ayudado a conocer cuál es la posible relación entre los materiales didácticos diseñados y puestos en práctica en el aula y el nivel de aprendizaje logrado por el alumnado. En primer lugar el carácter abierto o cerrado de las preguntas que se realizan pensamos que puede determinar en gran medida la riqueza de las respuestas, siendo difícil conocer el grado de complejidad alcanzado realmente en sus ideas y concepciones, cuando la actividad implica una respuesta más cerrada que cuando esta es más abierta (ejemplo, actividades 2, 18 y 21).

El segundo aspecto a tener en cuenta en las actividades desarrolladas está en relación con el principio de integración didáctica y la concepción de construcción gradual y progresiva del conocimiento (García, 1998, 2004a y 2004b). Creemos que es muy útil comenzar por determinados problemas más próximos a la vida cotidiana del alumnado, para luego irlos complejizando, de forma que puedan ir descubriendo una realidad más alejada de su día a día (actividades 5 y 13).

En tercer lugar las evoluciones de las ideas y concepciones del alumnado que hemos detectado nos permiten reconocer actividades que favorecen la transferencia de aprendizajes. En

nuestra opinión quizás es útil establecer actividades de enlace (A. 16). Estas actividades lograrían relacionar los diferentes contenidos tratados dentro de otras actividades. Pese a la existencia de un hilo conductor común en toda la intervención educativa (el uso, gestión y contaminación del agua), creemos que estas actividades podrían facilitar la transferencia de los aprendizajes, de tal manera que lo aprendido podría ser aplicado a cualquier contexto.

Creemos que no solo es importante diseñar actividades que permitan una adecuada transferencia de los aprendizajes. También es necesario diseñar actividades de tal *sensibilidad* que permitan detectar si esa transferencia se ha logrado o no.

### ***Necesidad de desarrollar nuevos materiales didácticos a partir de los materiales elaborados y llevados a la práctica***

Gracias a los materiales didácticos utilizados se ha facilitado que un reducido número de estudiantes pasen de solo formular respuestas cerradas y muy tradicionales a que logren formular respuestas en las que consideran diferentes opciones en uno o dos parámetros.

Además, respecto al grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas, la realización de las actividades ha permitido que un número significativo de sujetos logren evolucionar desde un visión en la que no consideran la noción de ciclo del agua, a una visión en la que se integra una noción de ciclo del agua, pese a que dicha noción sea cerrada y tradicional. Más escaso ha sido el número de estudiantes cuyas concepciones han evolucionado hasta lograr tomar conciencia de la existencia de un ciclo del agua más abierto con diferentes opciones.

Sin embargo, desde el punto de vista del grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados, estos materiales didácticos no han logrado de una forma mayoritaria, que el alumnado evolucione en sus concepciones. Por tanto, se hace necesario mejorar los materiales didácticos propuestos para que sean más efi-

caces a la hora de construir conocimiento en torno al uso, gestión y contaminación del agua. En futuras intervenciones educativas podríamos usar como referentes, además de los ya indicados en este trabajo, las recomendaciones propuestas por Pozo (1996) y García (2004a).

Según Pozo (1996), es necesario evidenciar los elementos contextuales relevantes en el proceso de aprendizaje y diseñar las actividades de aprendizaje con la mayor semejanza posible a los contextos para los cuales requiera su aplicación. En nuestro caso hemos intentado tener en cuenta el contexto en que se ha desarrollado la investigación y la similitud de las actividades en cuanto a los contextos de aplicación. Sin embargo, no hemos diversificado y multiplicado los contextos de aprendizaje de un mismo conocimiento, ya que los contenidos tratados por una actividad no se vuelven a abordar y, si se vuelven a abordar, es con una actividad muy similar. También pensamos que quizás las actividades no han sido organizadas en suficiente consonancia con las características de los esquemas conceptuales de los estudiantes, aunque pensamos que hemos intentado promover la reflexión sobre el propio aprendizaje mediante diversos debates establecidos en el aula. Del mismo modo consideramos que hemos buscado actividades que promuevan la autonomía ante nuevas tareas y problemas, ya que el alumnado ha tenido en numerosas ocasiones que desarrollar estrategias de resolución propias en diversas actividades. Otra cuestión diferente es que lo hayamos logrado plenamente y en un número significativo del alumnado.

En la misma línea, García (2004a), considera que para lograr la transferencia de los aprendizajes es necesario programar actividades sobre un tema que permitan estudiar distintas variantes del mismo, para luego buscar lo que de común tienen los diferentes casos estudiados. Dentro de los materiales propuestos, hemos intentado establecer actividades con esta característica. En cuanto a la necesidad de programar y desarrollar actividades de aplicación de lo aprendido a otras situaciones y de forma especial en la vida cotidiana de los estudiantes de forma que éstos experimenten el interés y

la utilidad de los nuevos conocimientos, creemos que hemos logrado integrar este aspecto solo parcialmente. Pese a que hemos buscado constantemente referenciar las actividades a sus vidas cotidianas, quizás no hemos logrado hacer vislumbrar al alumnado la utilidad de los conocimientos adquiridos, ya que hemos apelado más a los aspectos relacionados con la Ética ambiental que a la utilidad de los mismos. Esta Ética ambiental aparece en las respuestas del alumnado a modo de hábitos de vida que han adquirido en su día a día y que han buscado integrar dentro de sus correspondientes familias. En definitiva, quizás podríamos hablar de una cierta transferencia de los aprendizajes a su vida diaria. Finalmente, hemos programado y desarrollado una batería de actividades de recapitulación, de generalización y de reflexión sobre el propio aprendizaje para posibilitar una toma de conciencia del proceso seguido. Sin embargo, estas actividades de recapitulación, que pueden ser un buen marco donde integrar aspectos diversos, no han sido aprovechadas en todo su potencial, ya que se han abordado de manera sectorizada (problemática social, ambiental y económica; sector industrial, servicios, agrícola y población; etc.).”

## Conclusiones

A modo de conclusión general, este trabajo muestra la necesidad de compatibilizar la función investigadora del profesorado no universitario junto con su labor docente (Solís, 2011). Potenciando esta compatibilidad es posible desarrollar materiales didácticos que no se queden en el ámbito de lo teórico. Podemos, por tanto, superar visiones exclusivamente teóricas, comprobando en el aula el nivel de eficacia de los materiales didácticos desarrollados. Aunaríamos así teoría y práctica en pos de favorecer la construcción del conocimiento y así evitaríamos la poca participación del profesorado no universitario en trabajos de investigación, tal como detectan algunos estudios (Pro, 2009). En este caso, se ha trabajado de forma colaborativa entre profesorado del Departamento de

Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla y profesorado de Educación Secundaria (los firmantes de este trabajo), que a su vez pertenecen también a dicho Departamento, propiciando una interacción de ideas, intereses y conocimientos, que pensamos ha sido muy fructífera.

En relación con la temática abordada, los materiales utilizados para conocer las ideas y concepciones sobre el uso gestión y contaminación del agua y tratar de hacer evolucionar dichas ideas y concepciones desde visiones más simples hacia visiones más complejas, han mostrado ser eficaces a la hora de lograr estos objetivos. También gracias al empleo de estos materiales didácticos, ha sido posible identificar los obstáculos presentes en la evolución de las concepciones e ideas del alumnado, aunque no siempre ha sido posible que los estudiantes los hayan superado.

Creemos necesario reelaborar dichos materiales mediante algunas indicaciones que hemos adelantado en el presente trabajo. Sería interesante, tras elaborar estos materiales, comprobar la eficacia de los mismos en el aula a la hora de potenciar la construcción del conocimiento en la temática abordada.

Por otro lado, si conseguimos superar la disociación entre investigación y práctica docente, es posible llegar a innovar en el ámbito educativo con el respaldo que otorgan los datos obtenidos. Por lo tanto si llegamos a articular adecuadamente investigación, práctica docente e innovación podemos entrar en un bucle en el que cada elemento retroalimenta a los demás, permitiendo a su vez una mejora en la formación o autoformación del profesorado (Solís, 2012b) y, enriqueciendo con nuevas aportaciones nuestro ámbito de conocimiento: la Didáctica de las Ciencias.

## REFERENCIAS

BALLENILLA, F. (2003). *El prácticum en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Enseñanza Secundaria. Estudio de caso*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

- CANO, M. I. (2008). *La construcción de conocimiento relevante y significativo sobre la contaminación del agua. Una investigación cualitativa en 4º de E.S.O.* Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- CANO, M. I. (2009). La investigación escolar: un asunto de enseñanza y aprendizaje en la Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela*, 67, 63-79.
- FERNÁNDEZ ARROYO, J. (2010). Investigando el agua en Bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 70, 21-30.
- FERNÁNDEZ ARROYO, J. (2012). *La construcción del conocimiento sobre la gestión y la contaminación del agua. Concepciones del alumnado de Primero de Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- FERNÁNDEZ ARROYO, J. y SOLÍS, E. (2011). El agua como recurso para investigar en el aula. Una investigación en la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo. *Investigación en la Escuela*, 75, 47-59.
- GARCÍA PÉREZ, F. F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* nº 205 Biblio 3W. Universidad de Barcelona (<http://www.ub.es/geocrit/b3w-207.htm>). Consultado enero de 2013.
- GARCÍA, J. E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas, *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- GARCÍA, J. E. (1995). *Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología: el concepto de ecosistema en la educación secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- GARCÍA, J. E. (1997). La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación en la enseñanza de la ecología, *Alambique*, 14, 37-48.
- GARCÍA, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa de los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA, J. E. (2004a). *Educación Ambiental, constructivismo y complejidad*. Sevilla: Díada Editora.
- GARCÍA, J. E. (2004b). Los contenidos de la Educación Ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad, *Investigación en la Escuela*, 53, 31 - 51.

- GARCÍA, J. E. y RIVERO, A. (1996). La transición desde un pensamiento simple a otro complejo, en el caso de la construcción de las nociones ecológicas, *Investigación en la Escuela*, 28, 23-36.
- MARCÉN, C. (2010). *El agua, argumento educativo en la Educación Obligatoria y en el sistema social*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- PORLÁN, R. y MARTÍN, J. (1991). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. Sevilla: Díada Editoras.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R.; AZACÁRATE, P.; MARTÍN DEL POZO, R.; MARTÍN, J. y RIVERO, A., (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios normativos. *Investigación en la Escuela*, 29, 23-38.
- PRO, A. (2009). ¿Qué investigamos sobre la didáctica de las ciencias experimentales en nuestro contexto educativo? *Investigación en la Escuela*, 69, 45-59.
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- RIVERO, A. (2003). *Proyecto Docente. Globalización e Investigación del Medio*. Universidad de Sevilla.
- SOLÍS, E. (2011). ¿Cómo integrar la investigación, la innovación y la práctica en la enseñanza de las ciencias?, *Alambique*, 68, 80-88.
- SOLÍS, E. (2012a). A investigação na formação inicial do professorado: uma aproximação às concepções curriculares do professorado de Ciências de Educação Secundária, en Silva Uggioni, J. da (organizadora), *Saberes Docentes* (pp. 139-175). São Paulo: Iglu Editora.
- SOLÍS, E. (2012b). La formación del profesorado, la innovación, la investigación y la práctica educativa. *e-CO. Revista Digital de Educación y Formación del Profesorado*. Centro de Profesorado “Luisa Revuelta”: Córdoba. [http://revistaeco.cepcordoba.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176:la-formacion-del-profesorado-la-innovacion-la-investigacion-y-la-practica-educativa&catid=20:articulos&Itemid=5](http://revistaeco.cepcordoba.org/index.php?option=com_content&view=article&id=176:la-formacion-del-profesorado-la-innovacion-la-investigacion-y-la-practica-educativa&catid=20:articulos&Itemid=5). Consultada enero de 2013.
- SOLÍS, E. y PORLÁN, R. (2003). Las concepciones del profesorado de Ciencias de Secundaria en Formación Inicial ¿Obstáculo o punto de partida?, *Investigación en la Escuela*, 49, 5-22.

#### NORMATIVA CONSULTADA

- BOE nº 266 de 6 de Noviembre de 2007. REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- BOJA nº 149 de 28 de julio de 2008. Decreto 416/2008, de 22 de julio, de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes al Bachillerato en Andalucía.
- BOJA nº 169 de 6 de agosto de 2008. Orden de 5 de agosto de 2008, de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía.

## ABSTRACT

*The design of teaching materials: a tool for educational research.*

This article analyzes the usefulness of designing didactic materials, allowing the classroom researching. To design these materials will be starting with the difficulties and obstacles identified among in students in relation to the use, management and pollution of water. The implementation of the designed teaching materials included within a research process has served to know their validity to overcome students' difficulties and obstacles.

KEY WORDS: *Teaching materials; Classroom researching; Water; Research; Complexity.*

## RÉSUMÉ

*Le développement de matériel d'enseignement: un outil pour la recherche en éducation.*

Cet article analyse l'utilité de concevoir des matériaux qui permettent la recherche dans la salle de classe. Pour développer notre matériel, nous commençons par les difficultés et les obstacles identifiés chez les élèves par rapport à la pollution utilisation, la gestion et l'eau. La mise en œuvre de ces matières, compris dans un processus de recherche, a servi pendant la validité du même temps pour surmonter ces difficultés et les obstacles des étudiants.

MOST CLÉ: *Matériels didactiques, recherche dans le salle de cours; Eau; Recherche; Complexité.*